Comparación de tres leguminosas arbóreas sembradas en un sustrato alcalino durante el período de aviveramiento. II. Patrón de crecimiento y distribución de la biomasa

Comparison of three tree legumes planted on an alkaline substratum during the nursery stage. II. Growth and biomass distribution pattern

María G. Medina[1], D. E. García[1], P. Moratinos[2] y L. J. Cova[1]

[1]*Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela*

E-mail: dagamar8@hotmail.com

[2]*Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Trujillo, Venezuela*

Resumen

Se desarrolló un experimento en el estado Trujillo, Venezuela, con el objetivo de comparar el patrón de crecimiento y la distribución de biomasa de *Albizia lebbeck*, *Leucaena leucocephala* (ecotipo Trujillo) y *Erythrina fusca* durante 18 semanas en vivero. Las variables estudiadas fueron: tasa de crecimiento en función de la altura (TCA) y de la distribución de la MS (TCMS), así como el porcentaje de materia seca (MS) y el peso seco por planta de las fracciones (hojas, tallo, raíz). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para mediciones repetidas en el tiempo y diez réplicas por especie. Erythrina presentó la mayor TCA y TCMS promedio (3,7 mm/día y 94,8 mg/día), seguida por leucaena (3,1 y 81,3) y, por último, albizia (1,2 mm/día y 53,1 mg/día), respectivamente. Independientemente de la especie, el mayor porcentaje de MS promedio se observó en las raíces (31,9), seguido por el tallo (28,0) y las hojas (25,4). Se observó una mayor distribución de MS por planta en las hojas (3,9 g) y la raíz (3,1 g), comparados con el tallo (2,9 g). Se concluye que, para estas condiciones de aviveramiento, *E. fusca* presentó los mejores resultados; mientras que *A. lebbeck* necesitaría más tiempo para alcanzar las características deseables para su trasplante a campo.

Palabras clave: Biomasa, crecimiento, leguminosas, viveros

Abstract

A trial was conducted in the Trujillo state, Venezuela, in order to compare the growth and biomass distribution pattern of *Albizia lebbeck*, *Leucaena leucocephala* (Trujillo ecotype) and *Erythrina fusca* for 18 weeks in nursery. The studied variables were: growth rate related to height (GRH) and DM distribution (GRDM), as well as dry matter percentage (DM) and dry weight per plant of the fractions (leaves, stem, root). A completely randomized design for measurements repeated in time and ten replications per species were used. *E. fusca* showed the highest average GRH and GRDM (3,7 mm/day and 94,8 mg/day), followed by *L. leucocephala* (3,1 and 81,3) and, lastly, *A. lebbeck* (1,2 mm/day and 53,1 mg/day), respectively. In dependently from the species, the highest percentage of average DM was observed in the roots (31,9), followed by the stem (28,0) and leaves (25, 4). A higher DM distribution per plant was observed in the leaves (3,9 g) and root (3,1 g) as compared to the stem (2,9 g). It is concluded that, for these nursery conditions, *E. fusca* showed the best results; while *A. lebbeck* would need more time to reach the desirable characteristics for its transplant to the field.

Key words: Biomass, growth, legumes, nurseries

Introducción

Muchas especies leguminosas arbóreas y arbustivas son utilizadas en las condiciones tropicales como componentes importantes de los sistemas agroforestales, dentro de las cuales se destacan *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., *Albizia lebbeck* Benth. y *Erythrina fusca* Lourd. por su naturaleza multipropósito, potencial forrajero y distribución natural (Razz *et al*., 1998; Toral, 2005; Escalante, 2006).

A pesar de todas las ventajas de los sistemas silvopastoriles, la propagación masiva de arbóreas en los sistemas de producción agropecuaria se ve limitada por el lento establecimiento después de la siembra, debido a las características de estas especies y a la competencia con las plantas indeseables (Medina *et al*., 2007). Para contrarrestar dicho problema se recomienda, antes que las especies sean sembradas en el campo, su cultivo en vivero, de forma tal que las plantas se encuentren más vigorosas para enfrentarse a las condiciones del establecimiento (Medina, 2006). Estudiar el comportamiento de estas leñosas en su etapa inicial de crecimiento resulta importante para establecer estrategias viables de propagación y establecimiento en el marco de los sistemas de producción animal.

Considerando lo anteriormente expuesto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar en vivero el patrón de crecimiento y la distribución de biomasa de *A. lebbeck*, *L. leucocephala* y *E. fusca* en el estado Trujillo, Venezuela.

Materiales y Métodos

Ubicación del área experimental. El experimento se desarrolló durante 18 semanas en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en la región central del estado Trujillo, a una altitud de 345 msnm, en el municipio Pampanito, Venezuela.

La precipitación promedio anual fue de 1 500 mm y la temperatura media de 27°C.

Tratamientos. Se estudiaron tres especies con potencial de uso en los sistemas silvopastoriles en el estado Trujillo: *A. lebbeck* (samán margariteño), *L. leucocephala* (leucaena) ecotipo Trujillo y *E. fusca* (bucare anauco).

Introduction

Many legume tree and shrub species are used under tropical conditions as important components of agroforestry systems, among which *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., *Albizia lebbeck* Benth. and *Erythrina fusca* Lourd. stand out due to their multipurpose nature, forage potential and natural distribution (Razz *et al*., 1998; Toral, 2005; Escalante, 2006).

In spite of all the advantages of silvopastoral systems, the massive propagation of trees in livestock production systems is limited by the slow establishment after planting, because of the characteristics of these species and the competition with undesirable plants (Medina *et al*., 2007). In order to counteract such problem the cultivation of the species in nursery, before they are planted in the field, is recommended, so that the plants are more vigorous to face establishment conditions (Medina, 2006). Studying the performance of these ligneous plants in their initial growth stage is important in order to establish viable propagation and establishment strategies within the framework of animal production systems.

Considering the above-explained facts, the objective of this study was to evaluate in nursery the growth and biomass distribution pattern of *A. lebbeck*, *L. leucocephala* and *E. fusca* in the Trujillo state, Venezuela.

Materials and Methods

Location of the experimental area. The trial was conducted for 18 weeks at the Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIA), located in the central region of the Trujillo state, at an altitude of 345 masl, in the Pampanito municipality, Venezuela.

The average annual rainfall was 1 500 mm and the mean temperature, 27ºC.

Treatments. Three species with potential to be used in silvopastoral systems of the Trujillo state were studied: *A. lebbeck*, *L. leucocephala* (Trujillo ecotype) and *E. fusca*.

Characteristics of the substratum used. For the plants to be put in the nursery, perforated black polyethylene bags were used with capacity

Características del sustrato utilizado. Para el aviveramiento de las plántulas se utilizaron bolsas de polietileno negro horadadas, con capacidad de 3 kg, las cuales se llenaron con un sustrato compuesto por 70% de suelo francolimoso alcalino (pH: 8,9), 10% de arena y 20% de estiércol bovino compostado.

Procedimiento experimental. En cada bolsa se colocaron tres semillas de cada especie, todas recién cosechadas y previamente seleccionadas, descartándose aquellas que presentaban daños mecánicos y/o enfermedades. A las semillas se les aplicó tratamientos pregerminativos, con el objetivo de garantizar una emergencia satisfactoria. Las simientes de *L. leucocephala* se sumergieron en agua caliente a 80°C durante dos minutos (González *et al*., 2005). Para *A. lebbeck* se empleó la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y transcurrido ese tiempo, se realizó un corte ligero de la cubierta seminal en la zona opuesta al embrión. En las semillas de *E. fusca* se utilizó la inmersión durante 24 horas en agua a temperatura ambiente (Rodríguez y Murgueitio, 1995).

El resto de las particularidades fueron descritas por Medina y García (2010) y Medina *et al*. (2010) en ensayos anteriores.

Mediciones. Las mediciones se realizaron con una frecuencia semanal. La primera evaluación se efectuó a los siete días después de la emergencia, mediante muestreos destructivos a 10 plantas durante las 18 semanas.

La tasa de crecimiento en función de la altura (TCA) se estimó a través de la diferencia de crecimiento con relación a cada semana, y se expresó en milímetros por día. La tasa de crecimiento acorde con la distribución de materia seca (TCMS), referida en miligramos por día, se calculó mediante la determinación del incremento semanal del peso seco de las hojas, los tallos y las raíces, para lo cual fue retirada cuidadosamente la planta de la bolsa y de la tierra remanente para dejarla descubierta. Posteriormente se separó en hoja, tallo y raíz a partir de dos cortes transversales, uno en la base del tallo y otro en la base del peciolo de las hojas. Las muestras individuales por planta se colocaron en

of 3 kg, which were filled with a substratum composed by 70% alkaline loamy soil (pH: 8,9), 10% sand and 20% composted cattle manure.

Experimental procedure. In each bag three seeds of each species were planted, all newly-harvested and previously selected, discarding those that showed mechanical damage and/or diseases. Pre-germinative treatments were applied to the seeds in order to guarantee a satisfactory emergence. The *L. leucocephala* seeds were dipped in hot water at 80ºC for two minutes (González *et al*., 2005). For *A. lebbeck*, immersion in water at room temperature for 24 hours was used and after that time a slight cut was performed on the seed coat in the zone opposed to the embryo. In the *E. fusca* seeds, immersion was used during 24 hours in water at room temperature (Rodríguez and Murgueitio, 1995).

The other particular details were described by Medina and García (2010) and Medina *et al*. (2010) in previous works.

Measurements. The measurements were made with a weekly frequency. The first evaluation was made seven days after emergence, by means of destructive samplings in 10 plants during the 18 weeks.

The growth rate related to height (GRH) was estimated through the difference of growth with regards to each week, and it was expressed in millimeters per day. The growth rate according to dry matter distribution (GRDM), referred in milligrams per day, was calculated by determining the weekly increase of the dry weight of leaves, stems and roots, for which the plant was carefully taken from the bag and the remnant soil to leave it uncovered. Afterwards, it was separated into leaf, stem and root through two transversal cuts, one on the stem base and the other on the base of the leaf petiole. The individual samples per plant were placed in paper bags and introduced in a forced-air stove (Kaltein Trademark, Colombia) for 72 hours at 40ºC, in order to know the dry weight of each fraction. The DM percentage was estimated by weighing each part before and after its introduction in

bolsas de papel y se introdujeron en una estufa con ventilación forzada (Marca Kaltein, Colombia) durante 72 horas a 40°C, para conocer el peso seco de cada fracción. El porcentaje de MS se estimó mediante el pesaje de cada parte antes y después de su introducción en la estufa, según el procedimiento descrito por la AOAC (1990).

Diseño experimental y análisis estadístico. Se empleó un diseño totalmente aleatorizado para mediciones repetidas en el tiempo y diez réplicas por tratamiento. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows.

El análisis de varianza se llevó a cabo utilizando la dócima múltiple de Duncan (Duncan, 1955), para un nivel de significación de $P \leq 0,05$.

Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra la TCA y la TCMS en las especies estudiadas durante el período de evaluación.

the stove, according to the procedure described by the AOAC (1990).

Experimental design and statistical analysis. A completely randomized design for measurements repeated in time and ten replications per treatment were used. For the data processing the statistical pack SPSS version 10.0 for Windows was used.

The data were processed through a variance analysis. For the mean comparison Duncan's multiple test (Duncan, 1955) was used, for a significance level $P \leq 0,05$.

Results and Discussion

Table 1 shows the GRH and GRDM in the studied species during the evaluation period.

Regarding the GRH, during the first two weeks *E. fusca* was different from the other species (P<0,05); between the fourth and ninth measurement *L. leucocephala* showed higher values (P<0,05), while from week ten, *E. fusca*

Tabla 1. Tasa de crecimiento en función de la altura (TCA) y de la materia seca (TCMS) en condiciones de vivero.

Table 1. Growth rate related to height (GRH) and dry matter (GRDM) under nursery conditions.

Semana	TCA (mm/día)				TCMS (mg/día)			
	A	L	E	EE±	A	L	E	EE±
2	5,1^{b}	2,7^{c}	7,5^{a}	0,08*	28,6^{b}	37,1^{a}	35,7^{a}	2,2*
3	2,3^{b}	2,1^{b}	3,7^{a}	0,09*	31,4^{a}	27,1^{b}	32,9^{a}	2,1*
4	0,8^{c}	5,4^{a}	3,2^{b}	0,04*	31,4^{b}	28,6^{b}	41,1^{a}	3,6*
5	0,5^{c}	4,4^{a}	3,7^{b}	0,04*	18,6^{b}	18,8^{b}	34,4^{a}	3,2*
6	1,6^{b}	4,6^{a}	3,6^{b}	0,09*	79,7^{b}	74,2^{c}	94,3^{a}	3,0*
7	1,0^{c}	7,0^{a}	3,8^{b}	0,07*	21,4^{c}	35,7^{b}	41,4^{a}	2,9*
8	0,7^{c}	8,5^{a}	1,8^{b}	0,05**	24,3^{b}	37,1^{a}	35,7^{a}	3,1*
9	1,0^{c}	4,4^{a}	2,9^{b}	0,06*	28,6^{c}	45,7^{b}	74,3^{a}	3,6*
10	0,8^{b}	3,4^{a}	3,8^{a}	0,05*	110,1^{a}	57,1^{c}	85,7^{b}	3,9*
11	0,5^{c}	1,6^{b}	4,7^{a}	0,04*	38,6^{c}	140,0^{a}	102,9^{b}	4,2*
12	1,6^{b}	3,0^{a}	3,7^{a}	0,08*	61,4^{c}	102,8^{b}	124,9^{a}	9,5*
13	0,3^{c}	1,8^{b}	4,6^{a}	0,02*	91,2^{b}	72,8^{c}	98,6^{a}	2,0*
14	0,4^{c}	1,9^{b}	4,7^{a}	0,03*	53,0^{a}	32,9^{c}	44,3^{b}	2,5*
15	1,8^{b}	1,0^{b}	2,8^{a}	0,08*	67,1^{c}	208,6^{a}	182,8^{b}	9,7*
16	1,5^{b}	0,8^{c}	2,1^{a}	0,05*	81,0^{c}	191,4^{a}	122,9^{b}	9,6*
17	0,8^{b}	0,3^{b}	4,2^{a}	0,05*	54,3^{c}	85,7^{b}	287,1^{a}	10,1*
18	0,5^{b}	0,4^{b}	2,3^{a}	0,04*	82,1^{c}	185,7^{a}	172,7^{b}	9,4*
Media	1,3	3,1	3,7		53,1	81,3	94,8	

A: albizia, L: leucaena, E: erythrina

Medias con diferentes letras en las filas indican diferencias significativas a P<0,05.

*P<0,05 ** P<0,01

Con relación a la TCA, durante las dos primeras semanas erythrina se diferenció de las demás especies (P<0,05); entre la cuarta y la novena medición leucaena presentó mayores valores (P<0,05), mientras que a partir de la semana diez, erythrina nuevamente mostró diferencias significativas del resto (P<0,05).

Los resultados demostraron que erythrina presentó un acelerado crecimiento inmediatamente después de la emergencia y un comportamiento estable durante el transcurso de la evaluación, mientras que el desempeño de leucaena también fue sobresaliente hasta la décimotercera semana. En el caso de albizia, tuvo tendencia a no sobresalir con respecto al resto de las especies.

La tendencia decreciente de la TCA en leucaena a partir de la novena semana (63 días en vivero) sugiere que, en condiciones de aviveramiento con sustrato alcalino, esta planta puede ser trasplantada al campo después de las ocho semanas. Lo mismo ocurrió con erythrina, aunque esta especie pudiera permanecer en vivero al menos hasta las 18 semanas, ya que no mostró un crecimiento constante. En el caso de albizia, dado su crecimiento lento, debe permanecer mayor tiempo que las restantes especies en las condiciones descritas.

En cuanto a la TCMS, erythrina alcanzó resultados superiores (promedio de 94,8 mg/día) en un mayor número de ocasiones; mientras que leucaena y albizia produjeron 81,3 y 53,1 mg diarios de biomasa, respectivamente.

La coherencia entre las tasas de crecimiento (acorde con la altura y la biomasa) es un aspecto que ha sido señalado en investigaciones similares (García, 2007). Sin embargo, algunos autores enfatizan la necesidad de que el crecimiento de las especies en condiciones de vivero se evalúe en función de la producción de MS, por el hecho de que la altura de la planta se encuentra más influida por los cambios ambientales (Guevara y Guenni, 2004); mientras que la distribución de la MS constituye un rasgo intrínseco de cada especie (Pineda, 2004). Quizás la coincidencia entre ambos comportamientos, observada en este experimento, se deba a que las condiciones de luminosidad, intensidad lumínica y humedad no influyeron en la altura

showed significant differences (P<0,05) again from the others.

The results proved that *E. fusca* showed an accelerated growth immediately after emergence and a stable performance throughout the evaluation, while the performance of *L. leucocephala* was also outstanding until the thirteenth week. In the case of *A. lebbeck*, it did not stand out as compared to the other species.

The decreasing trend of GRH in leucaena since the ninth week (63 days in nursery) suggests that, under nursery conditions with alkaline substratum, this plant can be transplanted after eight weeks. The same happened with *E. fusca*, although this species can remain in nursery at least until 18 weeks, because it did not show constant growth. In the case of *A. lebbeck*, given its slow growth, it should remain longer than the other species under the above-described conditions.

Regarding the GRDM, *E. fusca* reached higher results (average of 94,8 mg/day) in a higher number of times; while *L. leucocepahala* and *A. lebbeck* produced 81,3 and 53,1 mg of biomass per day, respectively.

The coherence among growth rates (according to height and biomass) is an aspect that has been reported in similar studies (García, 2007). Nevertheless, some authors emphasize the need that species growth under nursery conditions is evaluated regarding DM production, because plant height is more influenced by environmental changes (Guevara and Guenni, 2004); while the DM distribution constitutes an intrinsic feature of each species (Pineda, 2004). Maybe the coincidence between both performances, observed in this trial, is due to the fact that the light, light intensity and humidity conditions did not influence the height reached by these plants during the evaluation.

With regards to the DM percentages of the growing fractions, the results are shown in tables 2 and 3.

In the first week of evaluation, leucaena showed the highest DM content in the leaves as well as the stem and root. In the second measurement leucaena differed from *A. lebbeck* in terms of DML, unlike the DMS and DMR.

que alcanzaron estas especies durante la evaluación.

Con relación a los porcentajes de MS de las fracciones en crecimiento, los resultados se muestran en las tablas 2 y 3.

Since the third and until the fourteenth evaluation, these species did not differ statistically from each other for any of the three growing fractions and were statistically higher than *E. fusca* (P<0,05) during that period.

Tabla 2. Dinámica del porcentaje de MS y del peso seco (g) de especies leguminosas en condiciones de vivero (primeras nueve semanas).
Table 2. Dynamics of DM percentage and dry weight (g) of legume species under nursery conditions (first nine weeks).

Semana	Especie	MSH	MST	MSR	PSH	PST	PSR
1	A	14,0^b	11,7^b	22,0^a	0,3^a	0,2^a	0,1
	L	20,8^a	14,1^a	23,5^a	0,2^b	0,1^b	0,1
	E	11,1^c	8,9^c	12,2^b	0,2^b	0,2^a	0,1
EE±		1,6*	1,4*	1,2*	0,02*	0,02*	0,01
2	A	16,0^b	13,0^a	26,3^a	0,4^a	0,3^b	0,1
	L	21,9^a	15,0^a	25,7^a	0,3^b	0,3^b	0,1
	E	11,9^c	9,8^b	13,4^b	0,4^a	0,4^a	0,1
EE±		1,4*	1,9*	1,2*	0,02*	0,03*	0,01
3	A	23,5^a	17,3^a	26,3^a	0,4^b	0,4^b	0,1
	L	22,1^a	15,8^a	26,8^a	0,5^a	0,4^b	0,1
	E	12,8^b	10,2^b	15,0^b	0,5^a	0,5^a	0,2
EE±		1,8*	1,9*	1,2*	0,03*	0,02*	0,02
4	A	24,5^a	18,32^a	27,3^a	0,7	0,5^b	0,2^b
	L	23,6^a	17,54^a	27,4^a	0,7	0,4^b	0,2^b
	E	14,1^b	12,81^b	15,4^b	0,7	0,7^a	0,3^a
EE±		1,3*	1,8*	1,3*	0,03	0,04*	0,03*
5	A	24,6^a	20,59^a	28,6^a	0,8^b	0,7^b	0,3^b
	L	24,9^a	21,07^a	29,0^a	0,7^b	0,6^b	0,2^b
	E	14,6^b	14,42^b	17,0^b	1,0^a	0,9^a	0,6^a
EE±		1,2*	1,3*	1,7*	0,05*	0,04*	0,04*
6	A	25,5^a	23,10^a	31,3^a	1,2^b	1,1^b	0,5^b
	L	25,1^a	24,85^a	30,0^a	1,1^b	1,0^b	0,6^b
	E	15,8^b	15,74^b	18,6^b	1,6^a	1,3^a	0,8^a
EE±		1,1*	1,3*	1,2*	0,06*	0,04*	0,08*
7	A	25,5^a	27,7^a	32,8^a	1,3^b	1,2^b	0,6^b
	L	27,4^a	27,4^a	32,4^a	1,3^b	1,2^b	0,7^b
	E	17,1^b	17,4^b	19,3^b	1,9^a	1,5^a	1,1^a
EE±		2,0*	1,4*	1,6*	0,04*	0,08*	0,09*
8	A	25,7^a	28,2^a	33,3^a	1,7^c	1,3^c	1,0^c
	L	28,3^a	32,1^a	33,5^a	1,9^b	1,4^b	1,2^b
	E	18,0^b	18,9^b	20,3^b	2,7^a	1,7^a	1,8^a
EE±		1,7*	1,8*	1,2*	0,08*	0,07*	0,06*
9	A	26,4^a	31,2^b	34,7^a	2,2^c	1,9^c	1,8^c
	L	29,1a	34,5^a	34,2^a	2,4^b	2,0^b	2,0^b
	E	19,2^b	21,3c	20,9^b	3,4^a	2,3^a	2,6^a
EE±		1,2*	1,6*	1,1*	0,08*	0,04*	0,07*
Media		20,9	19,4	25,1	1,1	0,9	0,6

A: albizia, L: leucaena, E: erythrina, MSH: materia seca de hojas, MST: materia seca de tallos, MSR: materia seca de raíces, PSH: peso seco de hojas, PST: peso seco de tallos, PSR: peso seco de raíces.
Medias con letras diferentes indican diferencias significativas a P<0,05.
*P<0,05

Tabla 3. Dinámica del porcentaje de MS y del peso seco (g) de especies leguminosas en condiciones de vivero (semanas 10-18).

Table 3. Dynamics of DM percentage and dry weight (g) of legume species under nursery conditions (weeks 10-18).

Semana	Especie	MSH	MST	MSR	PSH	PST	PSR
10	A	27,3^{a}	33,0^{a}	35,5^{a}	3,1^{c}	2,3^{c}	2,3^{c}
	L	29,8^{a}	35,7^{a}	35,6^{a}	3,3^{b}	2,4^{b}	2,9^{b}
	E	20,6^{b}	23,4^{b}	23,9^{b}	4,1^{a}	3,0^{a}	3,5^{a}
EE±		2,0*	2,0*	1,7*	0,09*	0,08*	0,06*
11	A	27,9^{a}	33,5^{a}	38,0^{a}	3,8^{c}	2,7^{c}	3,2^{c}
	L	30,4^{a}	36,4^{a}	36,3^{a}	4,2^{b}	3,2^{b}	3,6^{b}
	E	22,3^{b}	26,6^{b}	27,5^{b}	5,2^{a}	3,7^{a}	4,5^{a}
EE±		1,9*	1,8*	1,3*	0,10*	0,09*	0,09*
12	A	28,4^{a}	36,4^{a}	39,0^{a}	4,3^{c}	3,2^{c}	3,7^{c}
	L	31,1^{a}	37,9^{a}	37,6^{a}	4,9^{b}	3,6^{b}	4,0^{b}
	E	23,3^{b}	29,4^{b}	29,8^{b}	6,1^{a}	4,3^{a}	5,1^{a}
EE±		1,9*	1,2*	1,8*	0,10*	0,10*	0,09*
13	A	29,4^{ab}	36,6^{ab}	39,4^{a}	4,9^{c}	3,7^{c}	4,2^{c}
	L	33,1^{a}	39,1^{a}	39,5^{a}	5,5^{b}	4,2^{b}	4,6^{b}
	E	24,1^{b}	30,0^{b}	31,3^{b}	6,9^{a}	5,0^{a}	6,0^{a}
EE±		1,8*	1,8*	1,4*	0,10*	0,11*	0,10*
14	A	29,5^{ab}	36,8^{ab}	40,8^{a}	5,3^{c}	4,0^{c}	4,5^{c}
	L	33,4^{a}	39,8^{a}	41,7^{a}	6,2^{b}	4,3^{b}	5,2^{b}
	E	26,9^{b}	33,2^{b}	33,4^{b}	7,7^{a}	5,3^{a}	6,8^{a}
EE±		1,9*	2,0*	1,3*	0,12*	0,11*	0,10*
15	A	29,8	37,6	41,3	5,9^{c}	4,6^{c}	5,2^{c}
	L	33,9	40,4	43,1	7,4^{b}	5,1^{b}	5,7^{b}
	E	28,4	35,2	35,7	9,0^{a}	6,2^{a}	7,7^{a}
EE±		3,3	3,2	3,9	0,11*	0,12*	0,13*
16	A	30,2	38,5	42,5	6,4^{c}	5,0^{c}	5,6^{c}
	L	34,9	41,1	44,6	8,1^{b}	6,0^{b}	6,0^{b}
	E	29,4	38,1	38,5	10,1^{a}	7,1^{a}	8,9^{a}
EE±		3,2	3,4	3,9	0,14*	0,11*	0,12*
17	A	31,5	42,3	45,3	6,7^{c}	5,4^{c}	6,0^{c}
	L	36,5	41,9	45,3	8,9^{b}	6,8^{b}	7,0^{b}
	E	32,9	39,5	43,2	11,3^{a}	8,4^{a}	9,2^{a}
EE±		4,0	3,3	3,2	0,16*	0,14*	0,11*
18	A	35,6	44,5	46,1	7,7^{c}	5,9^{c}	6,9^{c}
	L	36,4	42,3	46,4	10,9^{b}	7,8^{b}	8,7^{b}
	E	32,4	41,4	45,9	12,4^{a}	9,2^{a}	9,9^{a}
EE±		3,6	4,0	3,7	0,16*	0,14*	0,12*
Media		30,0	36,7	38,8	6,7	4,9	5,6
Media general		25,4	28,0	31,9	3,9	2,9	3,1

A: albizia, L: leucaena, E: erythrina, MSH: materia seca de hojas, MST: materia seca de tallos, MSR: materia seca de raíces, PSH: peso seco de hojas, PST: peso seco de tallos, PSR: peso seco de raíces.

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas a P<0,05.

*P<0,05

En la primera semana de evaluación leucaena presentó el mayor contenido de MS, tanto en las hojas como en el tallo y la raíz. En la segunda medición leucaena difirió de albizia en términos de la MSH, no así en la MST y la MSR. A partir de la tercera y hasta la décimocuarta evaluación, estas especies no se diferenciaron estadísticamente entre sí para ninguna de las tres fracciones en crecimiento y fueron estadísticamente superiores a erythrina ($P<0,05$) durante ese período.

En sentido general, erythrina presentó el mayor contenido de agua en los tejidos de todas las partes de la planta, con relación al resto de las especies durante la etapa de vivero.

El contenido de MS fue más alto en las raíces, respecto a los tallos y las hojas, tendencia que se mantuvo durante todo el ensayo. Aun cuando los tenores de MS constituyen una de las variables de menor fluctuación intraespecífica en las forrajeras, es conocido que durante el proceso de crecimiento de las plantas vasculares el contenido de agua celular depende de las condiciones hídricas en que se cultive la planta y de los procesos fisiológicos específicos que ocurren durante el desarrollo tisular (Pineda, 2004). De ahí la necesidad de no generalizar acerca de los contenidos de MS de las especies leñosas y realizar caracterizaciones tanto en la etapa de vivero como en la fase de crecimiento en campo, para poder informar valores representativos.

Durante las primeras nueve semanas de evaluación, el contenido de humedad de las hojas y de los tallos fue similar e inferior al de la raíz en todas las especies. Sin embargo, desde la décima semana hasta el final del ensayo los contenidos de MS se estratificaron de forma más definida y las hojas mostraron los menores valores. Estos resultados coinciden con la tendencia del contenido hídrico informada en varias investigaciones para un gran número de plantas leñosas en la etapa inicial de crecimiento (Yágodin, 1982a), en las cuales debido al continuo proceso de absorción de nutrimentos, la concentración de los minerales en la biomasa aérea y la transpiración, el contenido de MS varió de forma casi homogénea en función de la parte de la planta.

In general, *E. fusca* showed the highest water content in the tissues of all the plant parts, as compared to the other species during the nursery stage.

The DM content was higher in the roots, with regards to the stems and leaves; a trend that was maintained throughout the trial. Although the DM values constitute one of the variables with lower intraspecific fluctuation in forage plants, it is known that during the growth process of vascular plants the cell water content depends on the hydric conditions under which the plant is cultivated and on specific physiological processes which occur during tissue development (Pineda, 2004). Hence the need not to generalize about DM contents of ligneous species and make characterizations in the nursery stage, as well as the growth phase in the field, in order to report representative values.

During the first nine weeks of evaluation, the moisture content of the leaves and stems was similar and lower to that of the root in all species. However, since the tenth week until the end of the trial the DM contents were stratified in a more defined way and the leaves showed the lowest values. These results coincide with the water content trend reported in several studies for a large number of ligneous plants in the initial growth stage (Yágodin, 1982a), in which because of the continuous process of nutrient absorption, the mineral concentration in the aerial biomass and transpiration, the DM content varied almost homogeneously regarding the plant part; in this sense the highest values were observed in the basal or underground part and the lowest ones in the aerial zone in accelerated growth, which have specialized organelles for transpiration (Yágodin, 1982b).

The most marked stratification was observed since the ninth week which is explained by the fact that continuous plant growth presupposes a higher cell lignification (García, 2007), which brings about a considerable water loss and/or translocation to the leaves, thus increasing the tissue DM content in the aerial support organ.

Although no antecedents were found in literature of similar trials with the studied species,

En este sentido, los valores más altos se observaron en la parte basal o subterránea y los más bajos en la zona aérea en acelerado crecimiento, la cual cuenta con orgánulos especializados para la transpiración (Yágodin, 1982b).

La estratificación más marcada que se observó a partir de la novena semana se explica por el hecho de que el crecimiento continuo de las plantas presupone una mayor lignificación celular (García, 2007), lo cual trae consigo una pérdida y/o traslocación considerable de agua a las hojas, aumentando así el contenido de MS tisular en el órgano de soporte aéreo.

Aunque no se encontraron antecedentes en la literatura de ensayos similares con las especies estudiadas, para validar los resultados de esta investigación, Pineda (2004) describió que en la etapa inicial de crecimiento las especies tienden a diferenciar de forma más marcada el contenido de humedad en los tejidos, en función de los elementos que requieren en mayor cuantía. Por otra parte, Ricardi (1992) informó que las especies del género *Erythrina* son más suculentas que otras leguminosas forrajeras de la subfamilia *Mimosoideae y Faboideae,* sobre bases y preceptos ecofisiológicos. Estos dos planteamientos apoyan lo obtenido en este ensayo con relación a la variabilidad en el contenido de MS de la raíz en las primeras semanas de evaluación y la superioridad de erythrina en términos de humedad de la biomasa.

El contenido de MS, además de su nexo con la edad de la biomasa, también se encuentra relacionado con la edad fisiológica de la planta, ya que se ha demostrado que durante la maduración los tejidos se reordenan y, en algunos casos, se pierde la integridad de las membranas; ello favorece la pérdida irreversible de agua y, por consiguiente, los contenidos de MS son más homogéneos (Yágodin, 1982a).

Con relación a la acumulación de peso durante el crecimiento de las plantas en vivero, erythrina presentó el mayor valor en las hojas, el tallo y las raíces, comparado con albizia y leucaena ($P<0,05$), excepto en las dos primeras semanas, en las cuales no se hallaron diferencias entre erythrina y albizia para PSH y PST.

to validate the results of this study, Pineda (2004) described that in the initial growth stage the species tend to differentiate more remarkably the moisture content in tissues, related to the elements they require in higher amount; on the other hand, Ricardi (1992) reported that the species from the *Erythrina* genus are more succulent than other forage legumes from the *Mimosoideae* and *Faboideae* subfamily, on ecophysiological bases and precepts. These two statements support the results obtained in this trial regarding variability in the DM content of the root in the first weeks of evaluation and the superiority of *E. fusca* in terms of biomass moisture.

The DM content, in addition to its link to the biomass age, is also related to the physiological age of the plant, because it has been proven that during maturation the tissues are rearranged and, in some cases, membrane integrity is lost; this favors the irreversible water loss and, thus, the DM contents are more homogeneous (Yágodin, 1982a).

Regarding the weight accumulation during plant growth in nursery, *E. fusca* showed the highest value in the leaves, stem and roots, as compared to *A. lebbeck* and *L. leucocephala* ($P<0,05$), except in the first two weeks, in which no differences were found between *E. fusca* and *A. lebbeck* for DWL and DWS.

During the trial, the DM accumulation for the three species increased. In the second half of the evaluation an average of 6,7; 4,9 and 5,6 g was obtained for the leaves, stem and root, respectively; this differs from the results reported by Guevara and Gueni (2004), who obtained higher accumulation in the stems, followed by the leaves and roots. These differences in DM accumulation by the organs could have been due to the ecotypes used by these authors and/or the environmental or substratum conditions that prevailed in each trial, considering that they are factors which influence plant performance after emergence (Medina, 2006).

In addition, García (2007) reported that during the initial growth stage and the establishment of some forage species, plants tend to show variable patterns of biomass distribution,

En el transcurso del experimento la acumulación de MS para las tres especies fue creciente. En la segunda mitad de la evaluación se obtuvo un promedio de 6,7; 4,9 y 5,6 g para las hojas, el tallo y la raíz, respectivamente; ello difiere de los resultados informados por Guevara y Gueni (2004), quienes obtuvieron mayor acumulación en los tallos, seguido por las hojas y la raíz. Estas diferencias en la acumulación de MS por órganos, quizás se deban a los ecotipos utilizados por estos autores y/o a las condiciones ambientales y de sustratos que prevalecieron en cada ensayo, considerando que son factores que influyen en el comportamiento de las plantas después de la emergencia (Medina, 2006).

Adicionalmente, García (2007) informó que durante la etapa inicial de crecimiento y el establecimiento de algunas especies forrajeras, las plantas tienden a mostrar patrones variables de distribución de la biomasa, en función de las condiciones edafoclimáticas. Cuando se encuentra sembrada en condiciones climáticas favorables, pero existe alguna limitante química en la composición del suelo, la especie tiende a desarrollar mayor área foliar a través de la fotosíntesis y la absorción de nutrimentos específicos. Sin embargo, cuando ocurre lo contrario se favorece el crecimiento y el desarrollo radical para contrarrestar los efectos adversos del ambiente aéreo circundante. Quizás por esta razón, en condiciones de sustrato alcalino (pH>8,0) las plantas evaluadas desarrollaran una mayor producción de biomasa foliar, respecto a los tallos y las raíces.

Asimismo, la erythrina y la leucaena se caracterizaron por presentar una alta producción de biomasa aérea, e igualmente sus raíces tuvieron una buena capacidad de crecer de forma rápida. Dichos aspectos son muy importantes, aun en vivero, ya que de esta forma posiblemente se garantice un satisfactorio establecimiento en campo (Ansari *et al*., 1995).

Se debe resaltar que, al parecer, las especies evaluadas destinaron una gran cantidad de energía a la formación de las hojas, lo cual pudiera significar, de forma aproximada, un incremento en la producción de biomasa forrajera durante etapas posteriores de crecimiento.

regarding the edaphoclimatic conditions. When they are planted under favorable climatic conditions, but there is any chemical limitation in soil composition, the species tends to develop higher leaf area through photosynthesis and the absorption of specific nutrients. Nevertheless, when the contrary occurs, root growth and development is favored in order to counteract the adverse effects of the aerial environment. Perhaps for such reason, under alkaline substratum conditions (pH>8,0) the evaluated plants will produce higher leaf biomass, as compared to stems and roots.

Likewise, *E. fusca* and *L. leucocephala* showed high aerial biomass and their roots also had a good capacity of rapid growth. Such aspects are very important, even in nursery, because thus a satisfactory establishment in field is likely to be guaranteed (Ansari *et al*., 1995).

It should be emphasized that, seemingly, the evaluated species destined a large amount of energy to leaf formation, which could mean, approximately, an increase in forage biomass production during later growth stages.

On the other hand, the results of leucaena in week 11 were lower than the ones reported by González *et al*. (2005), who after 75 days obtained an average aerial and root total biomass accumulation of 17,5 and 8,3 g/plant.

The substantial differences in such results are likely to be related to the ecotype used in this study (Trujillo) and the one used by González *et al*. (2005) (cv. Cunningham), in addition to the alkalinity conditions of the substratum used in this case, which could have restricted growth.

Conclusion

- The species evaluated in nursery using alkaline substratum showed a differentiated performance in the growth pattern and biomass distribution. *E. fusca* showed the best results.

Acknowledgements

The authors would like to thank the support staff belonging to the Experimental Station of INIA in the Trujillo state, Venezuela, for the aid provided in the development of this study.

--End of the English version--

Por otra parte, los resultados de la leucaena en la semana 11 fueron inferiores a los informados por González *et al.* (2005), quienes a los 75 días obtuvieron una acumulación de biomasa total promedio aérea y de raíz de 17,5 y 8,3 g/planta.

Las diferencias sustanciales en dichos resultados quizás se encuentren relacionadas con el ecotipo que se usó en esta investigación (Trujillo) y el empleado por González *et al*. (2005) (cv. Cunningham), además de las condiciones de alcalinidad del sustrato utilizado en este caso, las cuales pudieron restringir el crecimiento.

Conclusión

- Las especies evaluadas en vivero utilizando sustrato alcalino, mostraron un comportamiento diferenciado en el patrón de crecimiento y en la distribución de biomasa. *E. fusca* presentó los mejores resultados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal de apoyo perteneciente a la Estación Experimental del INIA del estado Trujillo, Venezuela, por la ayuda prestada para el desarrollo de la investigación.

Referencias bibliográficas

Ansari, S. *et al*. 1995. Root surface area based on absorption and desorption of nitrite. *Plant and Soil.* 175:133

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D. C., USA. 500 p.

Escalante, E. 2006. Sistemas agroforestales en el estado Trujillo, perspectivas y limitaciones. En: Memoria. I Curso Nacional de Agroforestería "Metodologías para el manejo y evaluación de sistemas agroforestales". Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela

García, D.E. 2007. Consideraciones en la evaluación del patrón de crecimiento y distribución de biomasa de leguminosas arbóreas en Trujillo, Venezuela. Manual Técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela. 10 p.

González, Yolanda *et al*. 2005. Técnica de hidratación–deshidratación en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 28 (2):117

Guevara, Eunice & Guenni, O. 2004. Acumulación y distribución de biomasa en *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., durante la fase de establecimiento. I. Repartición de biomasa. *Zootecnia Trop.* 22 (2):147

Medina, María G. 2006. Germoplasma disponible para desarrollar sistemas agroforestales en el estado Trujillo. En: Memoria I Curso Nacional de Agroforestería "Metodología para el manejo y evaluación de sistemas agroforestales". Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Trujillo, Venezuela. p. 5

Medina, María G. 2010. Evaluación en viveros de especies con potencial para sistemas agroforestales en el estado de Trujillo, Venezuela. *Rev. Fac. Agron*. (Luz). 27:232

Medina, María G. *et al*. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop*. 25 (2):83

Medina, María G. & García, D.E. 2010. Validación de estrategias para la evaluación de especies forrajeras en vivero sometidas a sustratos alcalinos en el estado Trujillo, Venezuela. Manual técnico. Instituto de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela. 12 p.

Pineda, M. 2004. Resúmenes de fisiología vegetal. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. p. 109

Razz, Rosa *et al*. 1998. Valor nutritivo de *Albizia lebbeck* en dos localidades del Estado Zulia, Venezuela. En: Memorias III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 52

Ricardi, M.H. 1992. Familias de dicotiledóneas venezolanas II. Subclases *Rosidae* y *Asteridae*: Evolución, filogenia y géneros. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Venezuela 192 p.

Rodríguez, Lylian & Murgueitio, E. 1995. Género *Erythrina*. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Colombia. p. 89

Toral, Odalys. 2005. La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: El Silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizal. (Simón, L. Ed). Estación

Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba. p. 34

Yágodin, B.A. 1982a. Nutrición de las plantas. En: Agroquímica (I Parte). Editorial Mir, Moscú. 416 p.

Yágodin, B.A. 1982b. Propiedades del suelo en relación con la nutrición de las plantas y la aplicación de fertilizantes. En: Agroquímica (I Parte). Editorial Mir, Moscú. 416 p.

Recibido el 15 de diciembre del 2010
Aceptado el 24 de febrero del 2011